

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

SAD
#2
S-15-02

jc997 U.S. PRO
10/000480
12/04/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年 4月 7日

出願番号
Application Number:

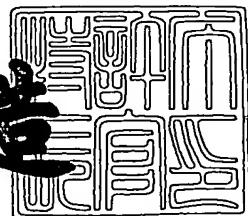
特願2000-106375

出願人
Applicant(s):

マツダ株式会社

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

三川耕造



2001年 4月 27日

出証番号 出証特2001-3036039

【書類名】 特許願

【整理番号】 M20000108

【提出日】 平成12年 4月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C21D 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

【氏名】 坂本 和夫

【発明者】

【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

【氏名】 魚崎 靖夫

【発明者】

【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

【氏名】 坂手 宣夫

【特許出願人】

【識別番号】 000003137

【氏名又は名称】 マツダ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100110939

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0003928

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 軽金属成形材の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 軽金属からなる塑性加工素材を塑性加工して形成された塑性加工材に、処理温度が250～400℃で、且つ処理時間が20分～10時間である塑性加工後熱処理を施すことを特徴とする軽金属成形材の製造方法。

【請求項2】 上記軽金属は、Mg合金であることを特徴とする請求項1に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項3】 上記塑性加工後熱処理は、上記塑性加工材を高延性化する熱処理であることを特徴とする請求項1又は2に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項4】 上記塑性加工素材に、処理温度が300℃以上であって且つ該塑性加工素材を構成する軽金属の酸化開始温度より低い塑性加工前熱処理を施すことを特徴とする請求項3に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項5】 上記塑性加工前熱処理を、処理時間が1時間以上の条件で施すことを特徴とする請求項4に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項6】 上記塑性加工前熱処理を、処理温度が350～450℃で、且つ処理時間が10～20時間の条件で施すことを特徴とする請求項5に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項7】 上記塑性加工前熱処理は、上記塑性加工素材に内包されたガスの膨張によるブリスターを該塑性加工素材表面に生起させる熱処理であることを特徴とする請求項4に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項8】 上記塑性加工素材に含まれる内部欠陥は、体積百分率で10%以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項9】 上記塑性加工素材は、半溶融状態の軽金属溶湯が凝固して形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項10】 上記塑性加工素材は、軽金属溶湯が射出成形されて形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の軽金属成形材の製造方法。

【請求項11】 上記軽金属溶湯は、融点未満の半溶融状態であることを特徴とする請求項10に記載の軽金属成形材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、軽金属成形材の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

金属材料を用いた成形方法として塑性加工法である鍛造法がある。鍛造法は、ビレット等の金属材料を金型にセットし、それに打撃を与えて所定形状に成形するものである。そして、金属材料が軽金属の場合、鍛造法により成形された鍛造材は、機械的性質を向上させるためにT6熱処理が施されるのが一般的である。このT6熱処理とは、高温に所定時間保持して材料組織の均質化を図るための溶体化処理後、比較低温に所定時間保持して硬度を向上させるための人工時効処理を施す二段階熱処理である。

【0003】

また、軽金属材料の成形方法として鋳造法と鍛造法とを組み合わせた鋳造鍛造法がある。鋳造鍛造法は、射出成形法やダイキャスト法の鋳造法にて最終成形品に近い鍛造素材を製造し、その鍛造素材を鍛造法にて加工することにより最終形状に仕上げるというものである。そして、特開平11-104800号公報には、鋳造鍛造法によって成形された軽金属製の鍛造材に、処理温度380~420℃及び処理時間が10~24時間の溶体化処理と、処理温度170~230℃及び処理時間4~16時間の時効硬化処理とからなるT6処理を施すことについて記載されている。

【0004】

ところで、鋳造鍛造法の鋳造工程として射出成形法やダイキャスト法を適用したのでは、成形された鍛造素材にガス欠陥等の内部欠陥が発生する。かかる内部欠陥は、半溶融状態の溶湯をキャビティに流入するようにしたり、金型の改良により減少させることはできても完全に無くすることは極めて困難である。そして、

内部欠陥を有する鍛造素材の場合、鍛造加工後に一般的なT6熱処理を施しても十分に機械的特性を向上させることができず、また、ガス欠陥が熱処理によって膨張して鍛造材表面に水膨れ状のブリスターが生起して見映えを損なうという問題もある。

【0005】

この問題に対して、鍛造加工前の鍛造素材に溶体化とガス欠陥の膨張とを目的とした鍛造加工前熱処理を施し、熱処理した鍛造素材を鍛造加工した後、機械的性質の向上を目的とした鍛造加工後熱処理を施すという解決手段がある。この解決手段によれば、鍛造加工前熱処理によってガス欠陥が膨張して鍛造素材表面に形成されたブリスターが、鍛造加工によって裂けて潰されるものが生じ、鍛造材に内包されるガス欠陥を減少させることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の鍛造加工後熱処理をT6処理の時効硬化処理と同一の処理条件で熱処理したのでは、得られる軽金属成形材は延性に乏しいものとなってしまうという問題がある。

【0007】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、塑性加工後に塑性加工材に施す熱処理条件の適正化を図ることにより、十分な延性を有する軽金属成形材を製造することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、軽金属で形成された塑性加工材に、一般的T6処理の時効硬化処理よりも高温且つ短時間の塑性加工後熱処理を施すようにしたるものである。

【0009】

具体的には、本出願の発明は軽金属成形材の製造方法であって、軽金属からなる塑性加工素材を塑性加工して形成された塑性加工材に、処理温度が250～400℃で、且つ処理時間が20分～10時間である塑性加工後熱処理を施すことを特徴とする。

【0010】

上記の構成によれば、塑性加工材にT6処理の時効硬化処理よりも高温且つ短時間の塑性加工後熱処理が施されるので、後に実施例で明らかにするように、強度及び耐力を確保しつつ、延性を有効に向上させることができる。

【0011】

ここで、処理温度を250～400℃とするのは、処理温度が250℃より低いと十分な延性の向上効果が得られないからであり、400℃より高いと耐力が大きく低下することとなるからである。

【0012】

また、処理時間を20分～10時間とするのは、処理時間が20分より短いと十分な延性の向上効果を得られないからであり、10時間より長いと熱処理しない場合よりも延性が低下する場合があるからである。従って、処理時間としては5時間以下とするのがよく、1時間とするのが最もよい。

【0013】

そして、軽金属とは、アルミニウムやマグネシウム等の低密度の金属又は合金をいい、具体的には、ASTMにおいて規格化されているAZ91D等を挙げることができる。

【0014】

また、塑性加工とは鍛造加工等を指す。

【0015】

ところで、このような塑性加工後熱処理を施すとしても、かかる処理を施す対象となる塑性加工材にガス欠陥等の内部欠陥が多く含まれると、上記効果を得ることができない。

【0016】

これに対して、塑性加工する前の塑性加工素材に、処理温度が300℃以上であって且つ塑性加工素材を構成する軽金属の酸化開始温度より低い塑性加工前熱処理を施すようにすれば、塑性加工素材の表面付近に内包されたガス欠陥の膨張によるブリスターが塑性加工素材表面に生起し、それが塑性加工によって裂けて潰されるものが生じることとなり、それによって塑性加工材に内包されるガス欠

陥を減少させることができる。ここで、処理温度が300℃以上であることを要するのは、300℃未満では、塑性加工素材表面にブリスターを生起させることができないからである。かかる観点から、処理温度は350～450℃とするのがより好ましい。また、塑性加工前にブリスターを生起させ、塑性加工によってそのブリスターを潰すので、塑性加工後熱処理によるブリスターの生起が抑止され、得られる軽金属成形材の外観は良好なものとなる。

【0017】

また、この塑性加工前熱処理の処理時間を1時間以上とすれば、塑性加工素材表面にブリスターを有効に生起させつつ、T6処理における溶体化処理と同様、材料組織の均質化の効果をも得ることができる。かかる観点からは、処理時間を10～20時間とすることが好ましい。

【0018】

以上のように塑性加工前熱処理を塑性加工後熱処理に比し高温で長時間施すことにより、塑性加工後熱処理を低温で短時間の条件とすることができます、塑性加工後熱処理時にブリスターが生起するのを抑止することができる。

【0019】

塑性加工素材に含まれる内部欠陥は、定量的には体積百分率で10%以下であることが好ましい。内部欠陥が10%以下であれば、内部欠陥を完全に潰すことが困難とされる非閉塞塑性加工においても内部欠陥の極めて少ない塑性加工材を得ることができるが、10%より多くなると、非閉塞塑性加工では内部欠陥が残ってしまうため閉塞塑性加工でなければ内部欠陥の少ない塑性加工材を得ることができない。すなわち、塑性加工素材に含まれる内部欠陥が10%以下とすることにより、塑性加工方法による制約を受けることなく、内部欠陥の少ない塑性加工材を容易に得ることができる。

【0020】

また、塑性加工素材を成形する段階において、半溶融状態の軽合金溶湯を金型のキャビティに流入させて凝固させることにより塑性加工素材を成形するようにすることが好ましい。このようにすることにより、溶湯は層流又は層流に近い状態でキャビティに流入することとなり、エア等を巻き込み難く、ガス欠陥や引け

巣等の内部欠陥が少ない塑性加工素材が成形され、その結果としてより高品質な塑性加工材及び軽金属成形材を製造することができる。ここで、半溶融状態とは、原料である軽金属が固体状態のままの部分と、融解して液体状態となった部分とが共存している状態をいい、通常、軽金属原料を融点未満に加熱することによって得られる状態をいう。

【0021】

さらに、塑性加工素材は射出成形により成形することが好ましい。射出成形により成形された塑性加工素材では、霧状の溶湯を金型のキャビティに充填するダイキャスト法の場合に比べて、エア等を巻き込むことにより発生する内部欠陥が少ないからである。また、上記のように軽金属溶湯を、融点未満の半溶融状態として射出成形するようにすれば、より効果的である。

【0022】

【発明の効果】

以上説明したように、本出願の発明によれば、塑性加工材にT6処理の時効硬化処理よりも高温且つ短時間の塑性加工後熱処理が施されるので、強度及び耐力を確保しつつ、延性を有效地に向上させることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る軽金属成形材の製造方法について説明する。

(铸造工程-射出成形工程)

<射出成形装置>

図1は、本実施形態に係る軽合金製の鍛造素材(塑性加工素材)を成形する射出成形装置1を示す。

【0024】

この射出成形装置1は、本体部2と、本体部2に回転可能に支持されたスクリュー3と、本体部2の背部に配置されたスクリュー3を回転駆動するための回転駆動部4と、スクリュー3を囲うようにして本体部2に固定されたシリンダ5と、シリンダ5の外周に長手方向に所定ピッチで間隔をおいて配設されたヒータ6と、軽金属合金原料が投入され貯えられるホッパ7と、ホッパ7内の原料を計量

して射出成形装置1内に供給するフィーダ8と、シリンダ5の先端に装着された金型9とを備えている。

【0025】

本体部2には、スクリュー3をシリンダ5内の長手方向に前進させる射出機構が設けられている。この射出機構は、前方に送られる軽合金溶湯の圧力により後退するスクリュー3の後退距離が予め設定されたものとなった際に、それを検知してスクリュー3の回転及び後退動作を停止させ、所定のタイミングでスクリュー3を前進させて溶湯を射出するように構成されている。スクリュー3の前進速度は制御可能とされており、金型9のキャビティ12への溶湯の流入速度が制御なされるようになっている。

【0026】

シリンダ5には、先端部にノズル10が設けられており、シリンダ5内で攪拌・混練された溶湯がこのノズル10を通してキャビティ12に射出されるようになっている。このキャビティ12への溶湯の射出は、シリンダ5前方部に所定量の溶湯が溜まったときに行われる所以、それまでの間は、溶湯のノズル10からの流出を防止する必要がある。そこで、溶湯をシリンダ5前方部に溜めている間は、冷却装置によりノズル10の温度を下げて、溶湯が凝固して形成されるコールドプラグによりノズル10を塞ぎ、溶湯を射出する際は、ノズル用ヒータによりノズル10の温度を上げて、コールドプラグのノズル10との界面を溶融させて溶湯の射出と共にそれが容易に金型9側に押し出されて外れるようにノズル10の温度制御がなされている。また、ノズル10が金型9により吸熱されて低温化するのを防ぐため金型9との間に断熱材が設けられており、また、ノズル10はセラミックにより形成されている。

【0027】

シリンダ5の外周に設けられたヒータ6は、シリンダ5が長手方向に沿って前方に行くほど高温となるように、複数のゾーンに分割されて温度制御が行われ、軽合金原料がスクリュー3によってシリンダ5内を前方に搬送されながら昇温し、シリンダ5前方部において融点未満の半溶融状態、又は融点乃至融点直上の溶融状態の溶湯となるように制御されている。

【0028】

ホッパ7、フィーダ8及びシリンダ5並びにこれらを連結する通路には、軽合金の酸化を防止するために不活性ガス（例えばArガス）が充填されている。

【0029】

金型9は、ノズル10から射出された溶湯を導くランナー部11を有している。そのランナー部11は、シリンダ5のノズル10から真っ直ぐに延びた後、垂直に立ち上がるL字状に形成されており、その角部にはノズル10から外れたコールドプラグを受けるためのプラグ受け部11aが設けられている。また、金型9は、ランナー部11と連通したキャビティ12と、キャビティ12とランナー部11との境界をなすゲート部13と、キャビティ12のゲート部13から離間した位置に設けられ、溶湯により置換されたキャビティ12内のガスを収容するためのオーバーフロー部14とを備えている。

<射出成形方法>

次に、軽合金の射出成形の方法について説明する。

【0030】

まず、チップ状の軽合金（例えばMg-Al合金等）を原料として射出成形装置1のホッパ7に投入する。投入された軽合金チップは、フィーダ8で所定量が計量されて射出成形装置1内に供給される。

【0031】

次いで、軽合金チップは、スクリュー3の回転によって加熱状態のシリンダ5内に送給されると共に、シリンダ5内部でスクリュー3の回転により十分に攪拌・混練されながら所定温度に加熱される。これによって、軽合金チップは、融点未満における固相率10%以上の半溶融状態の軽合金溶湯となる。

【0032】

このようにして得られた溶湯は、スクリュー3によって前方に押し出されてシリンダ5前方部に溜められると共に、溜まった溶湯の圧力によりスクリュー3が後退する。このとき、シリンダ5に設けられたプラグの温度を下げ、溶湯の一部が凝固して形成されたコールドプラグによってプラグが塞がれるようにして、溶湯がプラグを通ってシリンダ5外に流出するのを防ぐ。

【0033】

スクリュー3が予め設定された距離だけ後退すると、本体部2の射出機構がそれを検知してスクリュー3の回転及び後退動作を停止させる。このとき、シリンド5前方部にはワンショット分の溶湯が溜まっている。

【0034】

そして、ノズル用ヒータでノズル10の温度を上げることにより、コールドプラグのノズル10との界面を溶融させると共に、射出機構によってスクリュー3を前進させて溶湯に圧力を作用させることにより、コールドプラグを金型9側に押し出して外し、ノズル10から射出された溶湯をキャビティ12に流入させる。なお、外れたコールドプラグはランナー部11のプラグ受け部11aに保持されることとなる。

【0035】

最後に、溶湯が凝固した後、金型9を開き、成形された射出成形材（鍛造素材）を取り出す。

（鍛造加工前熱処理）

上記のようにして射出成形した鍛造素材に、処理温度が300℃以上であって且つ鍛造素材を構成する軽金属の酸化開始温度より低く、処理時間が1時間以上である鍛造加工前熱処理（塑性加工前熱処理）を施す（好ましくは、処理温度：350～450℃ 処理時間：10～20時間とする）。このとき、鍛造素材の材料組織の均質化が図られると共に、鍛造素材の表面付近のガス欠陥が膨張して鍛造素材表面にブリスターが生起する。

（鍛造加工）

鍛造加工前熱処理を施した鍛造素材に、形成される鍛造成型空間が完全に閉塞された鍛造型で行う閉塞鍛造加工（閉塞塑性加工）、又は形成される鍛造成型空間が完全には閉塞されておらず、鍛造用素材の少なくとも一部が拘束されずにフリーに塑性変形し得るようになった鍛造型で行う非閉塞鍛造加工（非閉塞塑性加工）を施す。このとき、鍛造加工前熱処理によって鍛造素材表面に生起したブリスターの一部は裂けて潰されることとなる。

（鍛造加工後熱処理）

鍛造加工された鍛造材に、処理温度が250～400℃で、且つ処理時間が20分～10時間である鍛造加工後熱処理（塑性加工後熱処理）を施し、軽金属成形材とする。

【0036】

上記構成の軽金属成形材の製造方法によれば、鍛造加工材にT6処理の時効硬化処理よりも高温且つ短時間の鍛造加工後熱処理が施されるので、強度及び耐力を確保しつつ、延性を有効に向上させることができる。

【0037】

また、鍛造加工する前の鍛造素材に、鍛造加工後熱処理に比し高温で長時間の鍛造加工前熱処理を施しているので、鍛造素材の表面付近に内包されたガス欠陥の膨張によるブリスターが鍛造素材表面に生起し、それが鍛造加工によって裂けて潰されるものも生じることとなり、それによって鍛造材に内包されるガス欠陥を減少させることができる。加えて、鍛造加工前にブリスターを生起させ、鍛造加工によってそのブリスターを潰し、また、鍛造加工後熱処理を低温で短時間の条件とすることで、鍛造加工後熱処理時におけるブリスターの生起が抑止され、得られる軽金属成形材の外観は良好なものとなる。

【0038】

さらに、鍛造加工前熱処理の処理時間を1時間以上としているので、鍛造素材表面にブリスターを有効に生起させつつ、T6処理における溶体化処理と同様、材料組織の均質化の効果をも得ることができる。

【0039】

そして、鍛造素材に含まれる内部欠陥は10%以下であるので、内部欠陥を完全に潰すことが困難とされる非閉塞鍛造加工においても内部欠陥の極めて少ない鍛造材を得ることができ、鍛造加工方法による制約を受けることなく、内部欠陥の少ない鍛造材を容易に得ることができる。

【0040】

また、鍛造素材を射出成形する段階において、半溶融状態の軽合金溶湯を金型のキャビティに流入させて凝固させるようにしているので、溶湯は層流又は層流に近い状態でキャビティに流入することとなり、エア等を巻き込み難く、ガス欠

陥や引け巣等の内部欠陥が少ない鍛造素材が成形され、その結果としてより高品質な鍛造材及び軽金属成形材を製造することができる。

(その他の実施形態)

上記実施形態では、軽合金チップを固相率が10%以上の半溶融状態となるように加熱したが、融点乃至融点直上の溶融状態に加熱するようにしてもよい。

【0041】

また、本実施形態では鍛造素材を射出成形で成形したが、特にこれに限定されるものではなく、他の成形方法によって成形されたものであってもよい。

【0042】

【実施例】

(試験評価1)

鍛造材に施す鍛造加工後熱処理の処理温度と、熱処理後の鍛造材の強度、0.2%耐力及び破断伸びとの関係についての試験評価を行った。

〈試験評価方法〉

射出成形装置を用い、表1に組成を示す合金Aにより、金属板状の射出成形材を成形した。このとき、成形した射出成形材の固相率が5%となるように溶湯の温度制御を行い、固相率は成形した射出成形材表面を画像解析することにより確認した。ここで、合金Aは、ASTM規格におけるAZ91Dである。同様にして、表1に組成を示す合金Bにより金属板状の射出成形材を成形した。このとき、成形した射出成形材の固相率が10%となるように溶湯の温度制御を行った。

【0043】

合金A及びBのそれぞれの金属板状の射出成形材から、図2(a)に示すような幅10mm、長さ35mm及び厚さ21mmのブロック状の鍛造素材を数個ずつ切り出し、それらに、合金Aのものについては410°Cで16時間の、合金Bのものについては400°Cで10時間の鍛造加工前熱処理を施した。

【0044】

次いで、鍛造加工前熱処理を施したそれぞれの鍛造素材を幅方向に拘束して、図2(b)に示すように、厚さが21mmから半分の10.5mmとなるまで鍛造加工を施した(鍛造加工率50%)。

【0045】

鍛造加工を施した合金A及びBの鍛造材に、170℃、250℃、300℃、350℃及び400℃のそれぞれの温度で4時間の鍛造加工後熱処理を施した。比較参考のために、鍛造加工後熱処理を施さない鍛造材も残しておいた。

【0046】

そして、鍛造加工後熱処理を施した軽金属成形材及び熱処理を施さない鍛造材について引張試験を実施した。

【0047】

また、合金A及びBのそれぞれについて、300℃、350℃及び400℃で鍛造加工後熱処理を施したもの引張試験後の表面を顕微鏡観察した。このとき、比較参考のために、鍛造加工前後の熱処理ではなく、鍛造材にT6処理（合金A：溶体化処理が410℃で16時間、時効硬化処理が170℃で16時間、合金B：溶体化処理が400℃で10時間、時効硬化処理が175℃で16時間）を施したもの観察を行った。

【0048】

【表1】

	A1	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Fe	Mg
合金A	9.1	0.78	0.24	—	0.001	0.0009	0.003	残部
合金B	6.9	0.60	0.23	0.01	0.002	0.0005	0.002	残部
合金C	7.2	0.2	0.22	—	0.001	0.0008	0.003	残部

単位：質量%

【0049】

<試験評価結果>

図3は、合金Aにおける鍛造加工後熱処理温度と、鍛造材の0.2%耐力、強度及び破断伸びとの関係を示し、図4は、合金Bにおける図3に相当する関係を示す。図3及び4によれば、合金A及びBのいずれの場合も、処理温度が高くなるに従って、0.2%耐力は低下傾向を、強度は緩やかな向上傾向を、破断伸びは向上傾向をそれぞれ示すことが分かる。また、破断伸びについては、T6処理の時効硬化処理温度（170～230℃）と同等の処理温度で熱処理した場合に

は、熱処理しない場合よりも破断伸びが小さくなるが、処理温度を250℃以上とすれば、0.2%耐力及び強度を大幅に低下させることなく、しかも破断伸びを大幅に向上させることができることが分かる。

【0050】

図5は、合金Aの軽金属成形材の表面観察写真を示し((a) T6処理 (b) 300℃処理 (c) 350℃処理 (d) 400℃処理)、図6は合金Bにおける図5に相当する表面観察写真を示す。図5及び6によれば、T6処理を施したものでは(図の(a))、結晶粒の粗大化が確認でき、合金Aでは化合物($Mg_{17}Al_{12}$)の偏析(写真の黒色部)が起こっているのも確認できる。これに対し、T6処理よりも高温で短時間の鍛造加工後熱処理を施したものについて、処理温度が300℃では(図の(b))、明確な結晶粒界が認められず、化合物の析出は均質である。処理温度が350℃では(図の(c))、細かい結晶粒界が認められ、化合物の析出は均質である。処理温度が400℃では(図の(d))、結晶粒が粗大化するのが認められ、化合物の析出は均質である。

【0051】

以上の引張試験結果と表面観察結果より、鍛造加工後熱処理の後における軽金属成形材を構成する材料組織が延性に関与しているものと考えられる。すなわち、再結晶していないような組織では、変形し難いために強度は高いものの延性に乏しいものとなり、そして、再結晶による結晶粒の変形により延性が付与されることとなり、しかしながら、結晶粒の大きさが大きくなりすぎると、結晶粒の変形が困難となり、脆化して強度及び延性が低下するようになるのではないかと考えられる。

【0052】

従って、高強度の軽金属成形材を得るためにには、結晶粒が確認できないような材料組織となる処理温度を選択し、高延性の軽金属成形材を得るためにには、細かな結晶粒が確認できるような材料組織となる処理温度を選択して鍛造加工後熱処理を施すようにすればよい。

(試験評価2)

鍛造材に施す鍛造加工後熱処理の処理時間と、熱処理後の鍛造材の0.2%耐

力、強度及び破断伸びとの関係についての試験評価を行った。

＜試験評価方法＞

試験評価1と同様にして、合金A及びBのそれぞれについて、図2(a)に示すような幅10mm、長さ35mm及び厚さ21mmのブロック状の鍛造素材を数個ずつ準備し、それらに、合金Aのものについては410°Cで16時間の、合金Bのものについては400°Cで10時間の鍛造加工前熱処理を施した。

【0053】

次いで、鍛造加工前熱処理を施したそれぞれの鍛造素材を幅方向に拘束して、図2(b)に示すように、厚さが21mmから半分の10.5mmとなるまで鍛造加工を施した(鍛造加工率50%)。

【0054】

鍛造加工を施した鍛造材に、合金Aについては300°Cで、合金Bについては350°Cでそれぞれ1時間、4時間、10時間及び15時間の鍛造加工後熱処理を施した。

【0055】

そして、鍛造加工後熱処理を施した軽金属成形材について引張試験を実施した。

＜試験評価結果＞

図7は、合金Aにおける鍛造加工後熱処理時間と、鍛造材の0.2%耐力、強度及び破断伸びとの関係を示し、図8は、合金Bにおける図7に相当する関係を示す。なお、処理時間0のデータは、試験評価1における鍛造加工後熱処理を施さなかった鍛造材についてのデータである。図7及び8によれば、合金A及びBのいずれの場合も、0.2%耐力は処理時間が1時間までは比較的大きく低下するが、処理時間がそれよりも長くなると緩やかな低下傾向に変わるのが分かる。また、強度は処理時間が1時間まではわずかに向上するが、処理時間がそれよりも長くなると緩やかな低下傾向を示すのが分かる。一方、破断伸びは、合金Aの場合、処理時間が1時間までは大幅な向上を示すが、処理時間がそれより長くなつてもほぼ一定水準を示すのに対し、合金Bの場合、処理時間が1時間の時にピークを示し、処理時間がそれより長くなると低下する傾向を示すのが分かる。以

上より、合金A及びBのいずれの場合も、熱処理開始からの最初の1時間で大幅な破断伸びの向上効果を得ることができ、また、合金Bでは、処理時間を10時間以下（好ましくは5時間以下）とすることにより、破断伸びが大幅に改善された軽金属成形材を得ることができるといえる。

（試験評価3）

非閉塞鍛造加工前における鍛造素材の相対密度と、非閉塞鍛造加工後における鍛造材の相対密度との関係についての試験評価を行った。

＜試験評価方法＞

射出成形装置を用い、表1に組成を示す合金Cにより、図9（a）に示すような円筒の上面に深さ3mmの円形の凹部が設けられた鍛造素材を種々の条件で成形した。成形した鍛造素材の密度をアルキメデス法で計測し、それをガス欠陥等の内部欠陥が無いとした場合に想定される理論密度で除し、それを100倍して相対密度とした。そして、相対密度が85%、90%及び95%の鍛造素材を複数個ずつ準備した。

【0056】

次いで、それぞれの鍛造素材を、図9（b）の形状になるまで非閉塞鍛造加工した。鍛造加工したそれぞれの鍛造材の密度を上記と同様に計測し、鍛造材の相対密度を算出した。

＜試験評価結果＞

図10は、鍛造加工前における鍛造素材の相対密度と、鍛造加工後における鍛造材の相対密度の最大値及び最小値との関係を示す。同図によれば、鍛造加工前における鍛造素材の相対密度が90%未満では、鍛造加工後における鍛造材の相対密度が99%以下となり、また、バラツキも大きくなることが分かる。つまり、相対密度が90%未満（内部欠陥が10%より多い）の場合、非閉塞鍛造加工では内部欠陥を十分に潰すことができず、鍛造加工により強度を高めるという効果を十分に得ることができないということである。

（試験評価4）

射出成形された鍛造素材の固相率と相対密度との関係についての試験評価を行った。

<試験評価方法>

射出成形装置を用い、溶湯の温度を变量、すなわち、固相率を变量し、合金Aにより金属板状の鍛造素材をそれぞれ射出成形した。ここで、金型のキャビティへの溶湯流入速度は10m/sとした。また、固相率は射出成形材表面を画像解析することにより確認した。

【0057】

そして、成形された各鍛造素材の相対密度を試験評価3と同様にして算出した。

<試験評価結果>

図11は、鍛造素材の固相率と相対密度との関係を示す。同図によれば、半溶融状態の溶湯により射出成形した方が高い相対密度を得ることができるということが分かる。具体的には、固相率が10%以上で安定して高い相対密度を得ることができることが確認できる。これは、固相率が10%以上である半溶融状態の溶湯は極めて粘度の高い流体となり、溶湯のキャビティへの流入が緩やかな層流となるためであると考えられる。また、固相率が10%以上となっても相対密度の向上が見られず100%とはならないが、これは鍛造素材に引き巣がどうしても発生してしまうためであると考えられる。

(試験評価5)

鍛造加工前熱処理前後における鍛造素材表面形態の相異を調べるための試験評価を行った。

<試験評価方法>

試験評価1と同様にして、合金A及びBのそれぞれについて、金属板状の射出成形材を射出成形した。そして、それらの表面を顕微鏡観察した。

【0058】

次いで、それらに、合金Aのものについては410°Cで16時間の、合金Bのものについては400°Cで10時間の熱処理を施した。そして、熱処理後のそれらの表面をも顕微鏡観察した。

<試験評価結果>

図12は、射出成形材の熱処理前後における表面観察写真を示す（(a) 合金

A 热处理前 (b) 合金B 热处理前 (c) 合金A 热处理后 (d) 合金B 热处理后)。同図より明らかのように、合金A及びBのいずれも、热处理を施す前後で表面のミクロ組織は大きく異なる。すなわち、热处理前では、射出成形時に固相であった部分が明確であり、液相部には $Mg_{17}Al_{12}$ が晶出している(液相部内の黒色部)。これに対し、热处理後では、热处理前に観察された固相部を明確に識別することは困難である。また、 $Mg_{17}Al_{12}$ は固溶しており、ほとんど認められない。かすかに結晶粒界が認められる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に係る射出成形装置の部分断面図である。

【図2】

射出成形材から切り出された鍛造材の鍛造加工前後の斜視図である。

【図3】

合金Aにおける鍛造加工後热处理温度と鍛造材の0.2%耐力、强度及び破断伸びとの関係を示すグラフ図である。

【図4】

合金Bにおける鍛造加工後热处理温度と鍛造材の0.2%耐力、强度及び破断伸びとの関係を示すグラフ図である。

【図5】

種々の鍛造加工後热处理条件で热处理した合金Aの鍛造加工材表面の顕微鏡観察写真である。

【図6】

種々の鍛造加工後热处理条件で热处理した合金Bの鍛造加工材表面の顕微鏡観察写真である。

【図7】

合金Aにおける鍛造加工後热处理時間と鍛造材の0.2%耐力、强度及び破断伸びとの関係を示すグラフ図である。

【図8】

合金Bにおける鍛造加工後热处理時間と鍛造材の0.2%耐力、强度及び破断

伸びとの関係を示すグラフ図である。

【図9】

鍛造加工素材（a）及び鍛造加工材（b）の上面図及び側断面図である。

【図10】

鍛造加工前における鍛造素材の相対密度と鍛造加工後における鍛造材の相対密度の最大値及び最小値との関係を示すグラフ図である。

【図11】

溶湯の固相率と射出成形材の相対密度との関係を示すグラフ図である。

【図12】

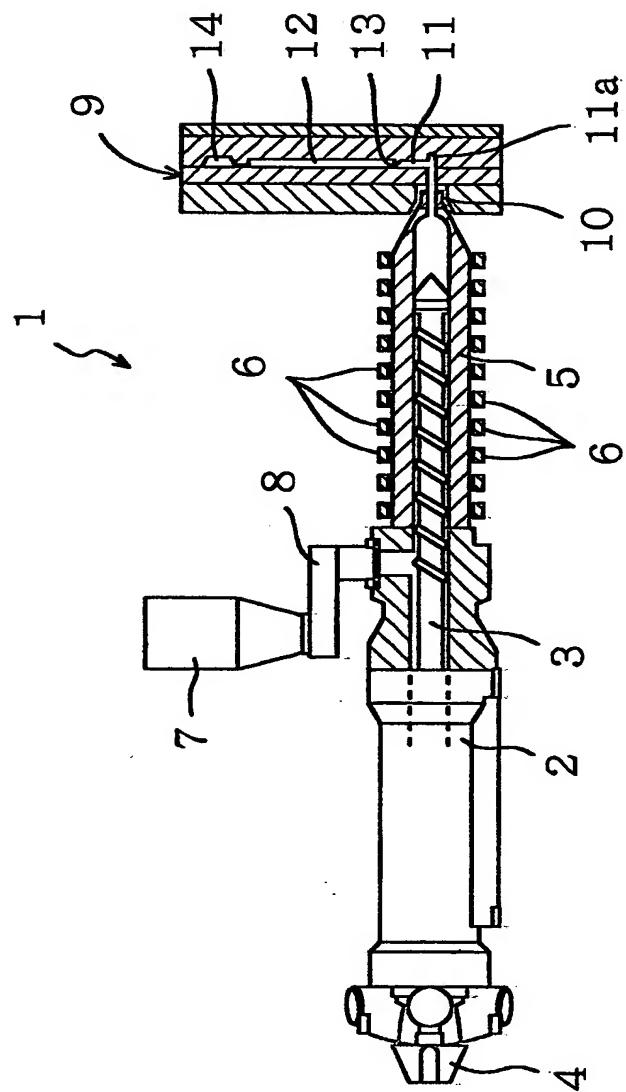
熱処理前後の射出成形材表面を示す顕微鏡観察写真である。

【符号の説明】

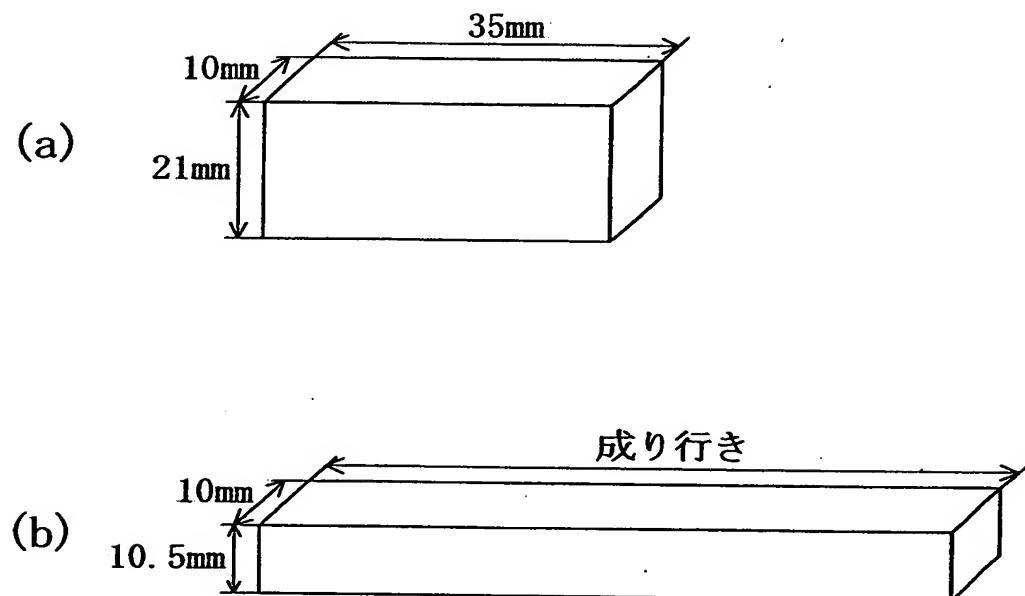
- 1 射出成形装置
- 2 本体部
- 3 スクリュー
- 4 回転駆動部
- 5 シリンダ
- 6 ヒータ
- 7 ホッパ
- 8 フィーダ
- 9 金型
- 10 ノズル
- 11 ランナー部
- 11a プラグ受け部
- 12 キャビティ
- 13 ゲート部
- 14 オーバーフロー部

【書類名】 図面

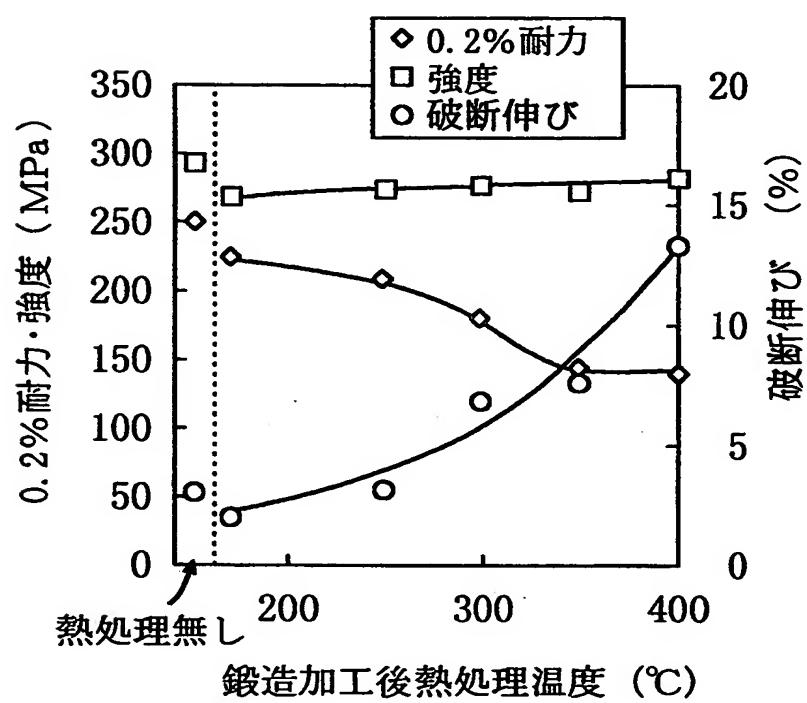
【図1】



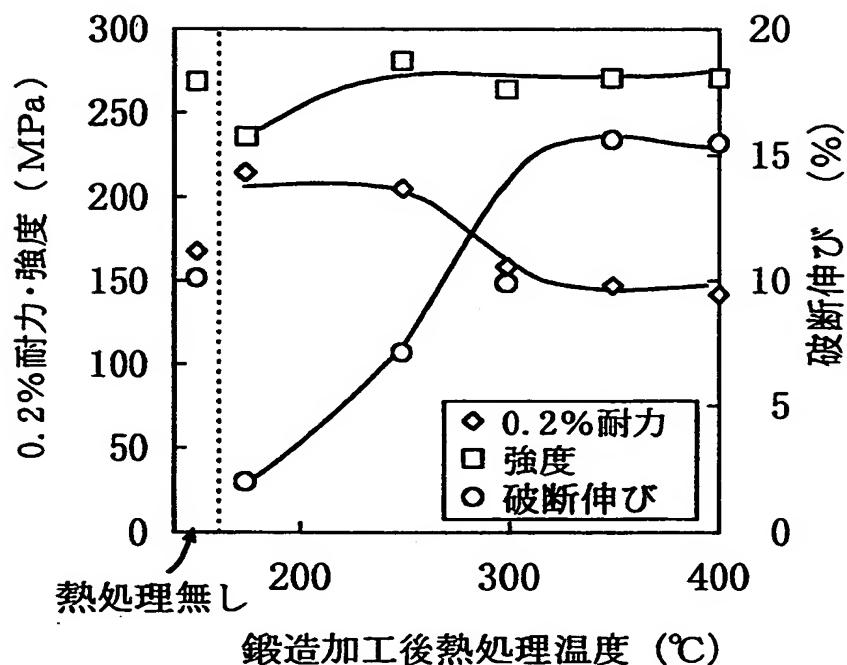
【図2】



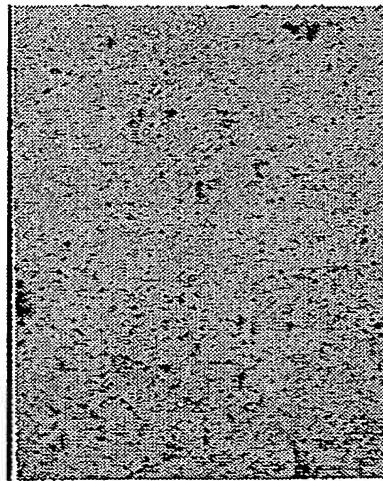
【図3】



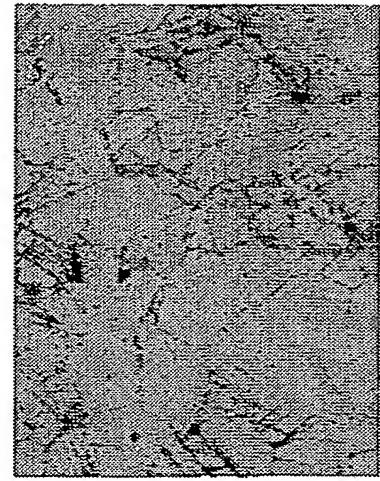
【図4】



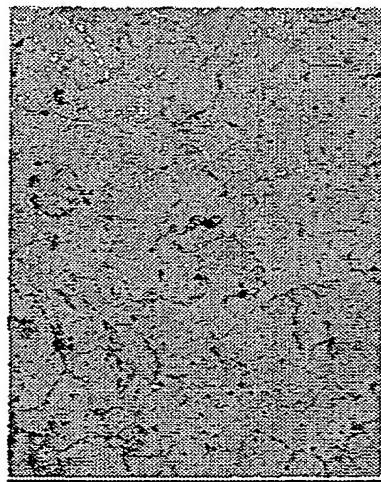
【図5】



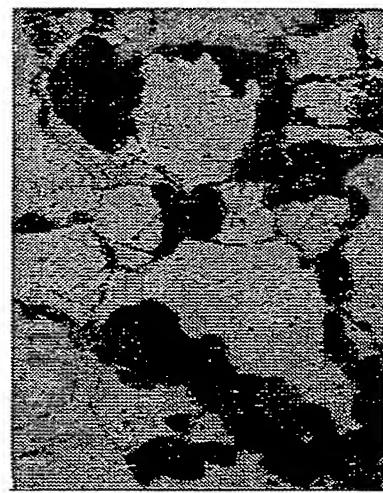
(a) T6処理



(b) 処理温度300°C

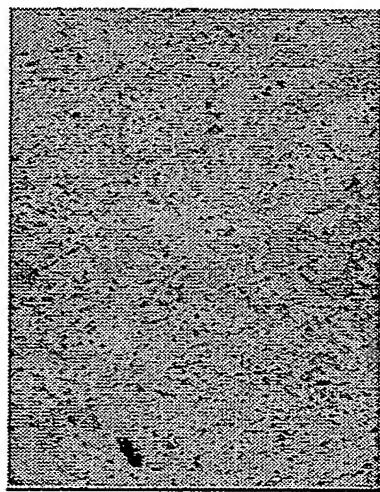


(c) 処理温度350°C

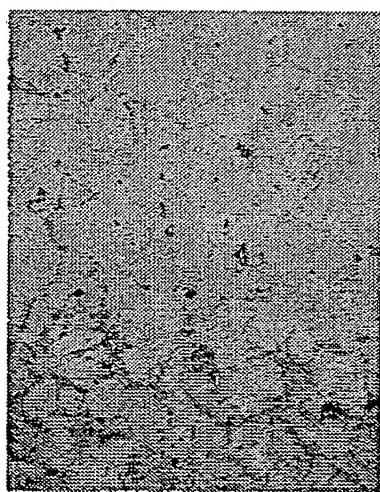


(d) 処理温度400°C

【図6】



(a) T6処理



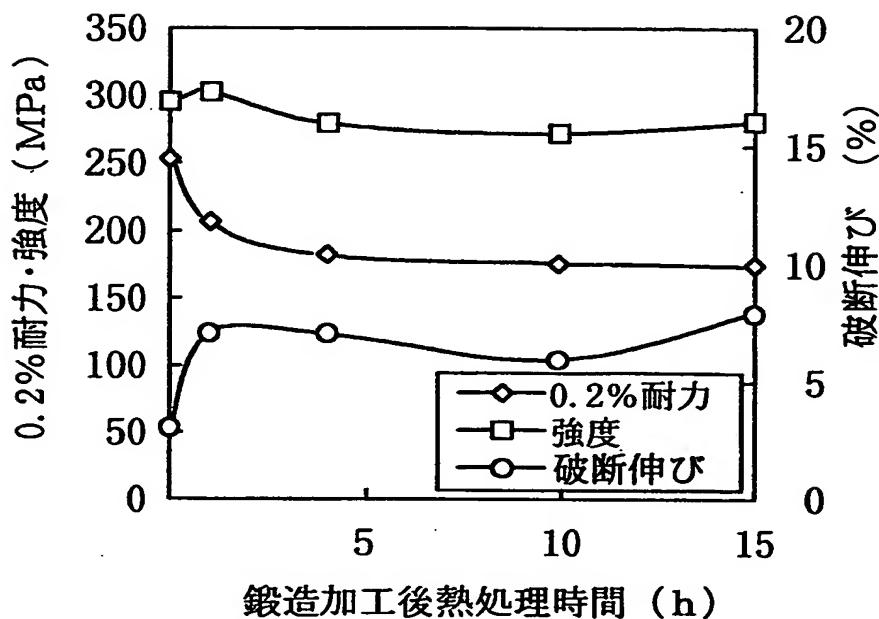
(b) 処理温度300°C



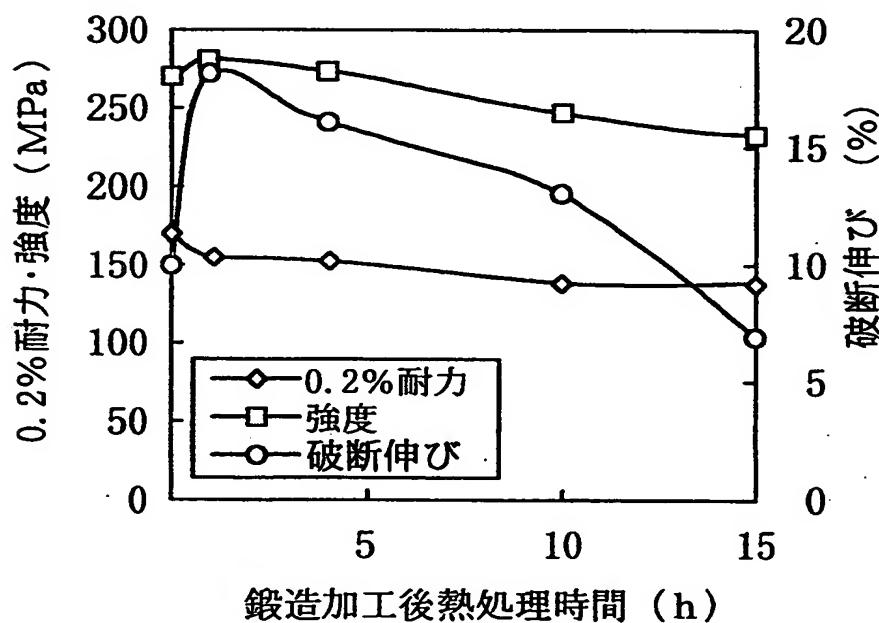
(c) 処理温度350°C

(d) 処理温度400°C

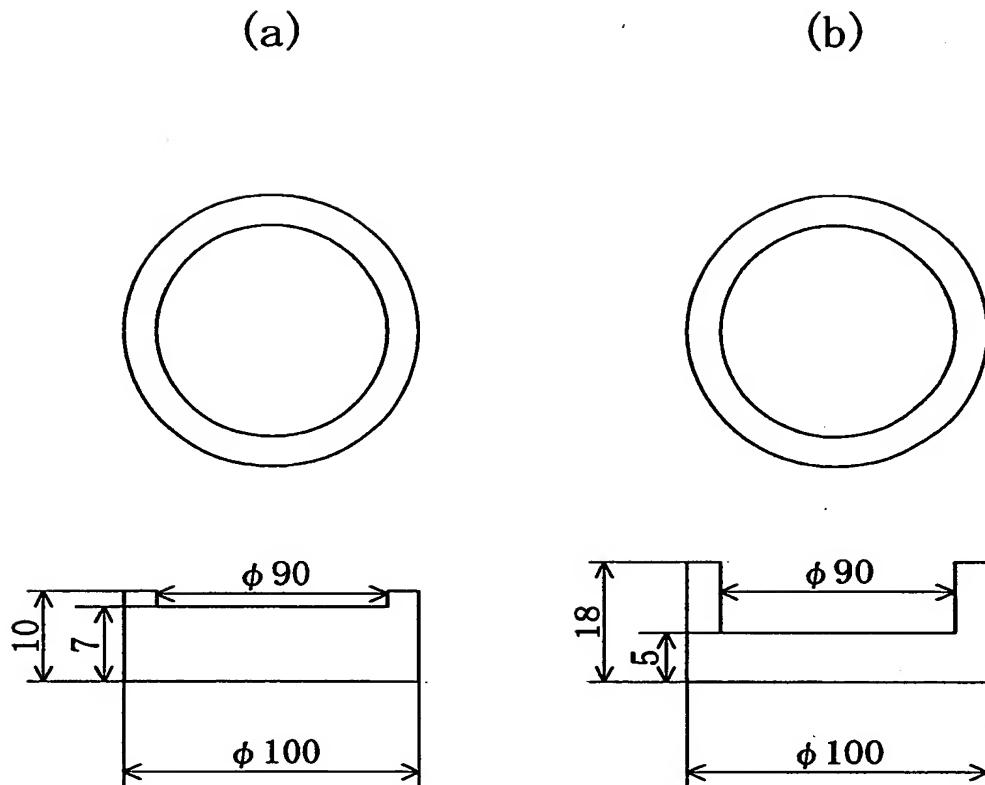
【図7】



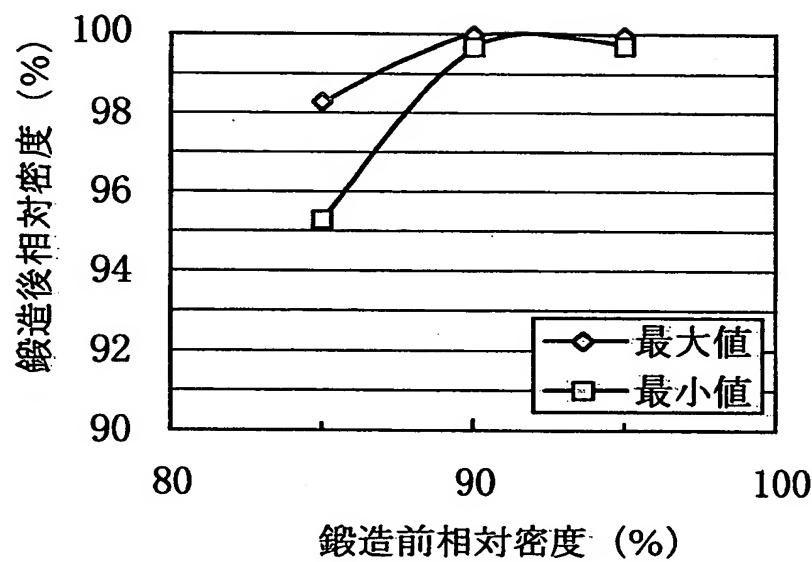
【図8】



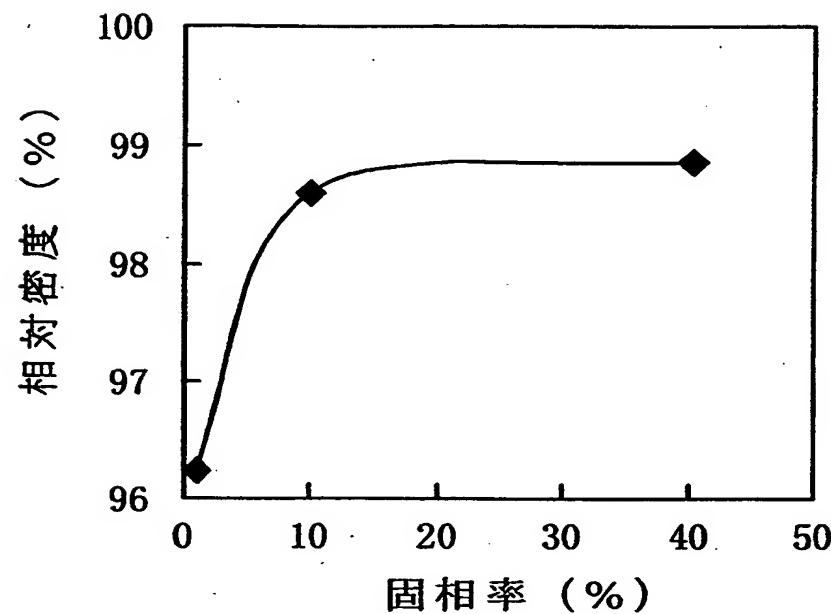
【図9】



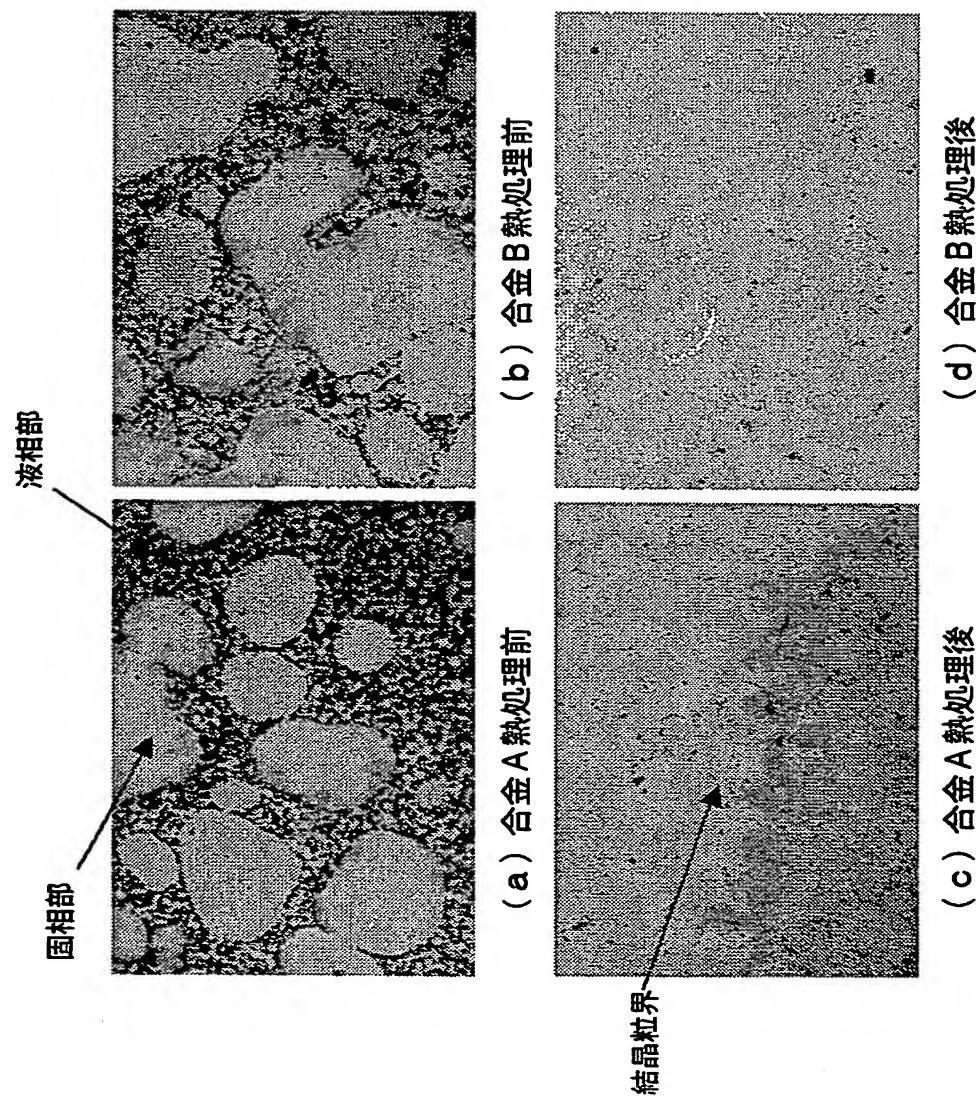
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 塑性加工後に塑性加工材に施す熱処理条件の適正化を図ることにより、十分な延性を有する軽金属成形材を製造する。

【解決手段】 軽金属成形材の製造において、軽金属からなる塑性加工素材を塑性加工して形成された塑性加工材に、処理温度が250～400℃で、且つ処理時間が20分～10時間である塑性加工後熱処理を施す。

【選択図】 なし

出願人履歴情報

識別番号 [000003137]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 広島県安芸郡府中町新地3番1号
氏 名 マツダ株式会社